

# **Programme Viking**

# Table des matières

Introduction.....	2
Objectifs.....	2
Structure de la sonde (voir annexe pour plus de détails).....	4
Atterrisseur.....	4
Orbiteur.....	5
Résumé des missions.....	6
Viking 1.....	6
Viking 2.....	7
Résultats divers.....	7
Détection de traces de vie.....	9
Conclusion.....	9
Annexe .....	10
Atterrisseur.....	10
Orbiteur.....	10
Charge scientifique.....	11
Bibliographie.....	12

## Introduction

Le programme Viking a été l'un des projets les plus ambitieux du XXème siècle. L'idée à la base était de faire une sorte de "Mariner avancé" à partir de 1969. Les sondes du programme Mariner avaient pour mission soit la mise en orbite soit le survol des planètes intérieures du système solaire. La volonté de faire un "Mariner avancé" était de pouvoir, en plus de cela, atterrir sur la planète Mars grâce à un orbiteur et à un atterrisseur.

Un premier projet Voyager est ainsi créé, projet qu'il ne faut pas confondre avec les deux sondes Voyager lancées en 1977 pour explorer les planètes gazeuses du système solaire. Inscrit dans la continuité du programme Mariner, le projet Voyager devait permettre le lancement d'une série de sondes en 1965 à destination de Mars et munies de plusieurs appareils visant à détecter d'éventuelles formes de vie. Mais le coût élevé et les forts risques d'échec remettent sérieusement en cause l'utilité de la mission.

Une refonte du projet est ensuite faite pour aboutir finalement au projet Viking à la fin de l'année 1968. Les différents choix en matière d'expérimentations embarquées dans les sondes et de personnels scientifiques sont effectués. En mars 1969, le budget est présenté devant le Congrès pour un montant de 364 000 000 \$. Quatre mois plus tard, le coût du programme est estimé au double du budget initial. L'été 1969 voit la réussite de la mission Apollo 11 mais également une coupe drastique dans les fonds alloués à la NASA. Les responsables du programme Viking cherchèrent par la suite des moyens de réduire le coût de la mission. Cela n'empêcha pas de nombreux dépassements budgétaires pour finir à un coût total de 915 000 000 \$ soit le triple de ce qui était prévu. Si le programme Viking devait être fait aujourd'hui, il serait estimé aux alentours de 4 000 000 000 \$. A titre de comparaison, le budget alloué à la mission InSight visant à étudier le sol martien en 2018 est plafonné à 450 000 000 \$ seulement. Les appareils mis en oeuvre durant ce programme ont été de véritables prouesses techniques pour l'époque.

## Objectifs

Le programme Viking comprenait deux sondes (Viking A et Viking B), chacune étant constituée d'un orbiteur et d'un atterrisseur. Il y avait plusieurs raisons au fait d'accompagner l'atterrisseur d'un orbiteur au lieu d'avoir un atterrisseur unique. La première était que la position de Mars n'était pas connue avec une grande précision à l'époque ce qui encourageait le risque de rater le site d'atterrissage de plusieurs centaines de kilomètres. De plus, utiliser un orbiteur permettait d'attendre des conditions météorologiques favorables voir même de choisir un site d'atterrissage plus propice.

Les deux sondes devaient être lancées en 1973 à partir du lanceur Titan IIIE mais, à cause des divers problèmes budgétaires, la fenêtre de tir est abandonnée et repoussée deux ans plus tard en 1975. Cela profita ainsi aux Soviétiques qui lancèrent Mars 4, 5, 6 et 7 dans cet intervalle. Par la suite, plusieurs problèmes techniques retardèrent le lancement de Viking A. Viking B est alors lancé en premier avec succès le 20 août 1975 sur le site du Kennedy Space Center à Cap Canaveral. C'est pourquoi on le renommait Viking 1. Alors que la fenêtre de lancement allait se refermer, Viking A (ou Viking 2) est lancé in extremis le 9 septembre 1975 sous des conditions météorologiques défavorables. Son lancement n'a bien failli jamais se faire. En effet, quelques minutes après celui-ci, la météo était devenue tellement mauvaise qu'elle aurait interdit tout décollage.



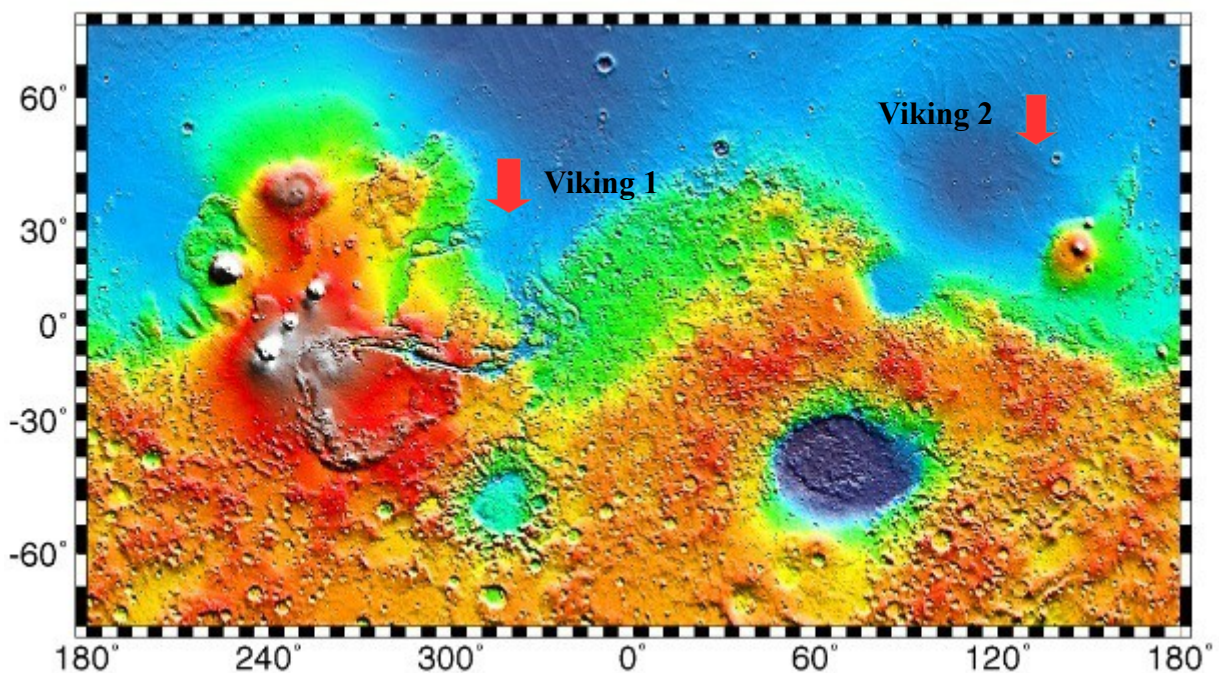
*Décollage de Viking 1*



*Décollage de Viking 2*

Les objectifs principaux de la mission étaient détenus par les atterrisseurs. Ceux-ci étaient :

- l'étude de la composition atmosphérique lors de la rentrée dans l'atmosphère martienne
- l'étude de la composition du sol martien
- des expérimentations météorologiques et sismologiques au sol
- la capture d'images hautes résolutions de Mars
- la recherche de signes de vie



*Sites d'atterrissage des deux sondes*

# Structure de la sonde (voir annexe pour plus de détails)

## Atterrisseur



*Reconstitution de l'atterrisseur*

### Structure principale :

- plate-forme en aluminium hexagonale soutenue par trois pieds

### Alimentation électrique :

- 2 RTG (Radioisotope Thermoelectric Generator) au plutonium 238 fournissant 30 W chacun
- 4 batteries cadmium-nickel rechargeables

### Propulsion :

- moteur consommant de l'hydrazine (32 N de poussée) pour la désorbitation

### Communications :

- antenne grand gain parabolique montée sur un mât et antenne faible gain omnidirectionnelle pour communiquer directement avec la Terre
- antenne UHF (381 Mhz) pour communiquer avec l'orbiteur
- enregistreur d'une mémoire de 40Mbit pour stocker les données en attendant la transmission vers la Terre
- ordinateur de bord d'une mémoire de 6000 termes pour les commandes d'instruction

### Appareils de rentrée atmosphérique :

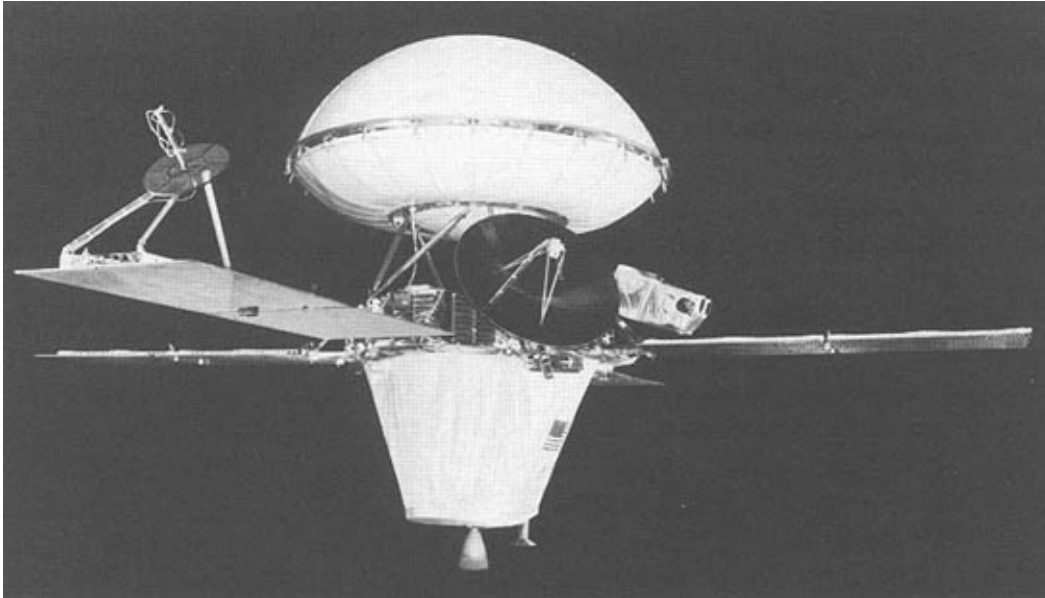
- bouclier thermique éjecté à 6300m remplacé ensuite par un parachute puis des rétrofusées

### Charge scientifique :

- deux caméras panoramiques pouvant obtenir des images hautes résolutions et des vues stéréoscopiques. Elles servaient aussi à surveiller le bras mécanique et la plupart des expériences
- bras mécanique extensible de 3,57 m doté d'un capteur de température et de plaques aimantées pour la capture de particules magnétiques

- station météorologique fixée sur un des pieds de l'atterrisseur pouvant mesurer la température mais aussi la vitesse du vent grâce à un anémomètre
- sismomètre fixé sur un des pieds
- spectromètre à fluorescence (XRFS) permettant d'étudier la composition du sol martien
- spectromètre de masse (GC-MS) pour étudier la composition atmosphérique de Mars

## **Orbiteur**



Design proche de Mariner 9. Il s'agit d'un prisme octogonal de 2,5 mètres de diagonale. La structure était divisée en compartiments intégrant les équipements électroniques.

### Alimentation électrique :

- l'orbiteur pouvait déployer 4 antennes solaires disposées en croix, pour une envergure totale de presque 10 mètres
- 34 800 cellules solaires pouvaient produire 620 W de puissance électrique
- deux batteries de 30Ah pour les pics de consommation ou les zones d'ombre

### Propulsion :

- le moteur des orbiteurs brûlaient un mélange de tetroxyde d'azote et d'hydrazine, pour une poussée d'un peu plus de 1300 N

### Communications :

- l'orbiteur disposait de deux antennes, une parabolique à grand gain orientable, et une à faible gain. Il était équipé d'un relais UHF pour les communications avec l'atterrisseur. Avant d'être transmises à la Terre, les données étaient stockées sur deux enregistreurs

### Charge scientifique :

- Pour l'objectif de cartographie de Mars, les orbiteurs étaient bien sûr équipés de caméras, deux chacun
- Un spectromètre infrarouge permettait de mesurer le taux de vapeur d'eau dans l'atmosphère, en détectant des bandes d'absorptions caractéristiques dans le rayonnement réfléchi par le sol martien.
- Un radiomètre composé de 4 télescopes pouvait mesurer la température de la surface



# Résumé des missions

## Viking 1

La durée du voyage entre la Terre et Mars a été de 10 mois. Lors de ses premiers tours autour de Mars, Viking 1 commence à prendre des images globales de la planète rouge. Rapidement, des manoeuvres sont faites pour que l'orbiteur ait une orbite synchrone avec Mars afin de vérifier le site d'atterrissage. Ainsi, à chaque passage du périapse, Viking 1 passe au-dessus de la même zone. Son orbite est alors caractérisée par un périapse à 1500 km, un apoapse à 33 000 km et une période de révolution de 24,7 heures.

L'atterrissage prévu le 4 juillet 1976, jour de la fête nationale, se fera finalement le 20 juillet 1976 ce qui marque tout de même un anniversaire : celui du premier homme sur la Lune 7 ans plus tôt. 25 secondes après son arrivée sur Mars dans la région de Chryse Planitia, Viking 1 envoie la toute première photo du sol martien. Photo qui mettra 19 minutes pour arriver jusqu'à la Terre.



*Premier cliché du sol martien*

Tous les appareils scientifiques fonctionnent normalement hormis le sismomètre et le bras mécanique qui mit 5 jours à être débloqué. Une fois fonctionnel, le bras commence alors à prélever les échantillons de sol prévus pour le spectromètre de masse, le spectromètre à fluorescence et les appareils de détection de vie. Prévu pour fonctionner 3 mois, l'atterrisseur survécut jusqu'à sa perte de contact, le 13 novembre 1982, soit 6 ans de service.

L'orbiteur quant à lui commença une cartographie complète de Mars après la séparation de l'atterrisseur. Sa mission devait durer jusqu'au début de la conjonction solaire (c'est-à-dire lorsque le Soleil se trouve entre la Terre et Mars ce qui perturbe fortement les communications avec Viking) le 8 novembre 1976. A partir du 14 décembre, fin de la conjonction solaire, la mission de l'orbiteur est prolongée. On commence alors une opération d'approche de Phobos en février 1977 afin de l'observer de plus près.

Après environ 1500 orbites et des milliers d'images prises de Mars, la mission de l'orbiteur de Viking 1 se termine le 17 août 1980. On augmente alors son orbite à un périapse de 320 km et un apoapse de 56 000 km afin d'éviter toute contamination du sol martien avant 2019. Sa durée de vie a ainsi été 16 fois plus longue que prévu.



*Phobos photographié par l'orbiteur Viking 1*

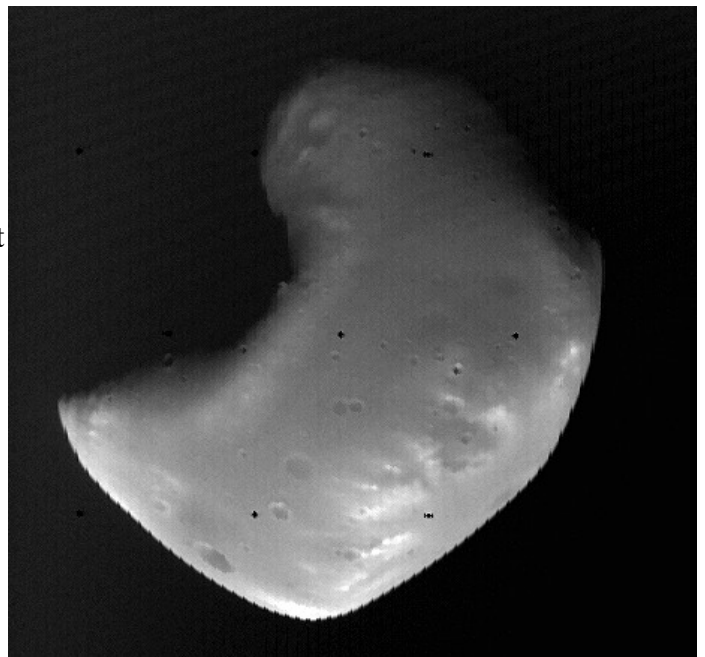
## Viking 2

Après un voyage de 333 jours, l'orbiteur Viking 2 se met lui aussi dans une orbite synchrone avec Mars le 7 août 1976 avec pour caractéristiques un périapse à 1500 km, un apoapse à 33 000 km, une inclinaison de 55,2° et une période de révolution de 27,3 heures. Un premier site d'atterrissage prometteur car riche en dépôt de glace est trouvé dans la région de Cydonia. Malgré tout, la zone est considérée comme trop dangereuse à l'atterrissage. Idem pour le site de secours n°1 : Arcadia Planitia. Le choix va donc se porter sur le site de secours n°2 : Utopia Planitia.

On commence ainsi la séparation de l'atterrisseur et la désorbitation de celui-ci. Or, on se rend compte lors de ces manoeuvres que le bouclier biologique (servant à prévenir toute contamination par des organismes terrestres) est resté accroché à l'orbiteur. A cause de cette surcharge inattendue, l'orbiteur perd ses repères et cela entraîne une diminution considérable du débit entre l'atterrisseur et la Terre. Le temps que l'orbiteur soit remis en place, les premières images au sol ne seront retransmises que 4 heures après l'atterrissage de Viking 2. A cause d'une mauvaise analyse de la surface, les rétrofusées de l'atterrisseur fonctionnent 0,4 secondes trop longtemps ce qui a pour effet de soulever beaucoup de poussières au sol. Cela était pourtant à éviter impérativement afin de ne pas altérer le sol pour la recherche de signes de vie.

Le bras mécanique de Viking 2 subit, tout comme Viking 1, quelques blocages mais remplit globalement sa mission de collecte d'échantillons pour les différentes expériences. Les premiers résultats biologiques négatifs de Viking 1 tendent à penser que le rayonnement ultraviolet est trop puissant à la surface de Mars. Les composés organiques ne peuvent donc pas subsister. Cela amène les scientifiques à utiliser le bras mécanique de Viking 2 pour prendre des échantillons de sol se trouvant sous des pierres et donc protégés des rayons UV. La mission de l'atterrisseur dure jusqu'au 11 avril 1980 suite à un problème de batterie.

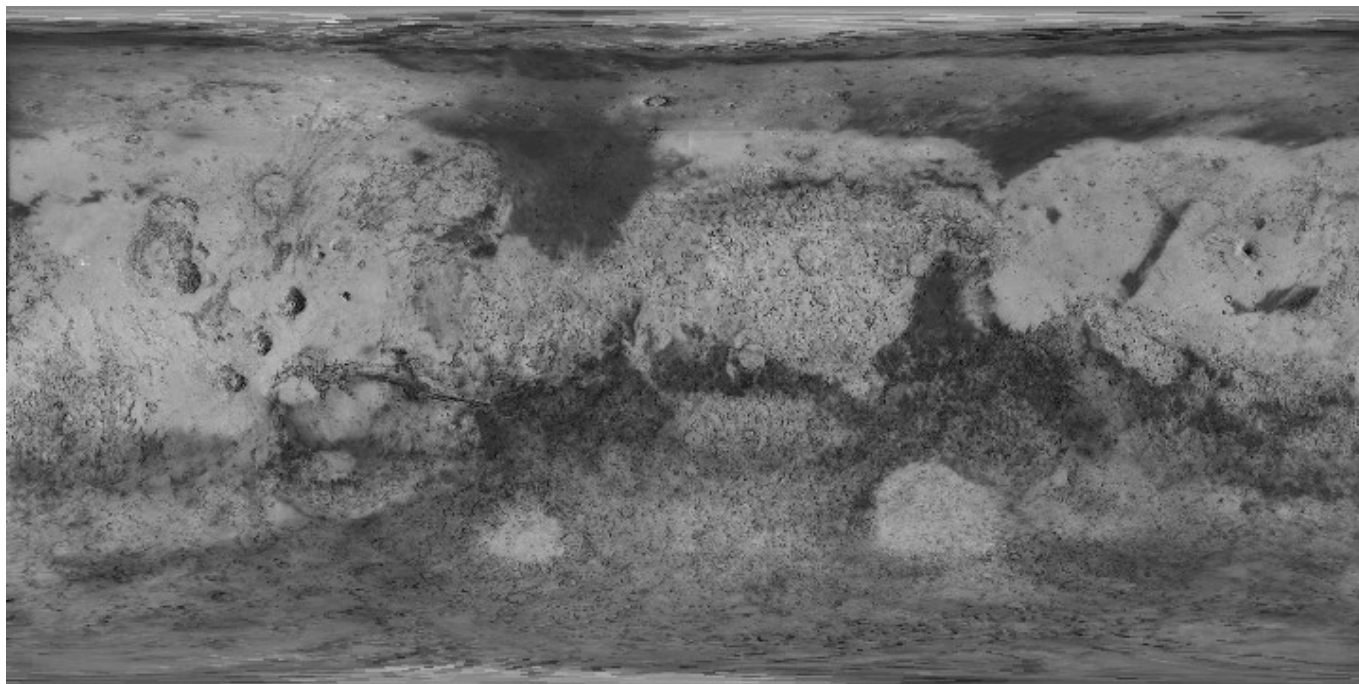
La mission de l'orbiteur Viking 2 devait, tout comme pour Viking 1, prendre fin à la conjonction solaire le 8 novembre 1976 et a également été prolongé à partir du 14 décembre 1976. Viking 1 avait pour mission de s'approcher de Phobos, Viking 2 va quant à lui s'occuper de l'autre lune de Mars : Deimos en octobre 1977. Une fuite dans le système de propulsion va entraîner la perte du contrôle d'attitude de l'appareil. Les panneaux solaires n'étant plus orientés correctement par rapport au Soleil, l'orbiteur ne peut plus être utilisé et est alors mis hors service le 25 juillet 1978 après 706 révolutions autour de Mars et des milliers d'images obtenues.



*Deimos photographié par l'orbiteur Viking 2*

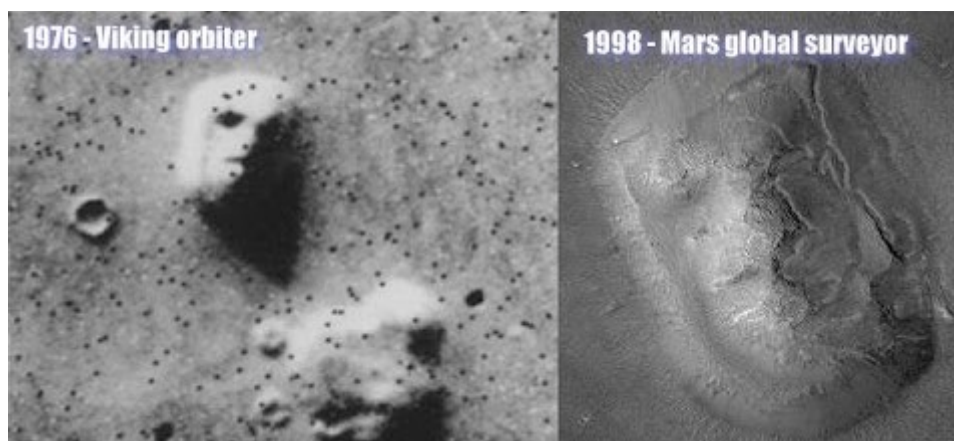
## Résultats divers

Les données recueillies par les multiples expériences et la durée de mission des deux sondes Viking ont donné et donnent encore à ce jour la vue la plus complète de la planète Mars. Les images obtenues par les orbiteurs ont permis d'avoir un large aperçu du paysage martien. Volcans, plaines de lave, canyons immenses, zones cratérisées et présence dans un passé plus ou moins lointain d'eau en surface sont quelques-unes des caractéristiques observées dans les plus de 50 000 images prises par les orbiteurs. De plus, environ 97% de la surface de Mars a pu être cartographiée en images haute résolution.



*Cartographie de Mars faite par les orbiteurs*

C'est lors de cette cartographie que le fameux visage de Mars fut pris en photo. Pour ce qui est des atterrisseurs, ils envoyèrent quelques 5000 photos de la surface martienne.



L'analyse faite par le spectromètre à fluorescence indiqua que la composition du sol sur les deux sites d'atterrissage était une sorte d'argile riche en fer. Étonnamment, l'aluminium est moins présent sur Mars que sur Terre. Des études des propriétés physiques et magnétiques du sol ont également été effectuées.

Les températures enregistrées au sol variaient entre 150 et 250K en moyenne sur l'année et, suivant l'heure de la journée, les températures changeaient de plus ou moins 35 à 50K. Une cartographie presque complète des températures de surface a été effectuée par les orbiteurs.

La mesure des vents martiens donne une valeur bien plus faible que prévu allant de 2 à 7 m/s. Les scientifiques s'attendaient à mesurer des vents allant environ à 100 m/s, vitesse qui fut observée par Mariner 9 lors de la tempête de poussière qui retarda sa mission.

Les analyses atmosphériques ont permis la découverte d'un cycle du CO<sub>2</sub> mais aussi d'apporter une sérieuse correction à la composition atmosphérique mesurée par les Soviétiques. En effet, les spectromètres de masse des atterrisseurs Viking trouvèrent 1,6% d'Argon dans l'air martien ce qui invalidait les hypothèses en rapport avec Mars 6 qui donnaient une valeur de 15 à 30% d'Argon dans l'air. En tout, plus de 3 millions de mesures météorologiques ont été prises.



Concernant l'aspect sismologique, Viking 2 n'a enregistré qu'un seul signal sismique confirmé, le reste étant des vibrations causées par le vent. Quant à Viking 1, son appareil sismologique est le seul qui n'a jamais fonctionné.

## Détection de traces de vie

Ce que l'on retient aujourd'hui des missions Viking sont les expériences visant à observer la présence d'une vie extraterrestre. A l'époque, la majorité des scientifiques s'accordait pour dire que, s'il existait de la vie sur Mars, elle serait de nature microbienne. Mais il existait aussi quelques scientifiques croyant en une vie plus évoluée sur la planète rouge. Malheureusement pour eux, les résultats obtenus par les 4 instruments de détection de vie furent tous soit négatifs soit sujets à controverse.

L'expérience Pyrolytic Release réalisa au total 9 tests. Parmi ces tests, 7 se sont révélés comme pouvant être positifs. Malgré cela, ces essais ne furent pas très parlant d'un point de vue statistique ni très fiables à cause d'un problème dans les filtres UV. Officiellement, Pyrolytic Release n'a pas détecté de signes de vie.

L'expérience Gas Exchange réalisa 5 tests. Là encore, les résultats envoyés sur Terre furent au départ sujet à controverse. Puis un consensus se dégagea pour dire qu'aucune conclusion claire et nette sur l'existence ou non d'une vie sur Mars ne pouvait être tirée.

Lors des 3 premiers essais de Labeled Release, les résultats indiquent la signature d'une activité biologique ou du moins d'un agent réagissant à l'expérience. Cependant, l'euphorie gagnée par l'équipe en charge de l'expérience n'est pas du tout partagée par les autres équipes qui remettent en cause les analyses effectuées et le fonctionnement de l'appareil. Pendant les années qui suivirent, le responsable en charge de Gas Exchange, Gilbert Levin va essayer de reproduire les réactions enregistrées sur Mars en vain. Ses travaux finiront par être tournés en dérision auprès de la communauté scientifique.

Mais la dernière expérience GC-MS donna un coup fatal aux derniers partisans d'une vie sur Mars. Cet appareil considéré très fiable et précis à l'époque ne détecta aucune trace de molécule organique dans le sol martien. Cependant, des expériences similaires ont été faites ultérieurement sur Terre sur des échantillons contenant des bactéries et certains de ces résultats se sont révélés être négatifs. C'est pourquoi, on doute à l'heure actuelle de la fiabilité de l'expérience menée à l'époque.

Officiellement pour la NASA, la mission n'a détecté aucune trace de vie sur Mars.

## Conclusion

Peu de missions spatiales auront été aussi enrichissantes que le programme Viking. En effet, la quantité et la qualité des expérimentations menées par les deux sondes ainsi que la durée de la mission ont permis de donner une vision globale, précise et variée de la planète Mars. De plus, la mission a nécessité de véritables prouesses technologiques comme la miniaturisation d'appareils occupant auparavant une salle entière. Les deux atterrisseurs furent les premiers à avoir été stérilisés puis recouverts d'une protection biologique afin d'éviter toute contamination de la surface martienne par des microorganismes terrestres. Cependant, toutes ces précautions employées n'ont pas empêché la déception d'avoir obtenu des résultats non concluants concernant l'éventuelle présence de vie sur la planète rouge.

# Annexe

## Atterrisseur

### – Structure :

La plate-forme en aluminium possédait 6 faces de longueurs différentes alternées, et les 3 pieds extensibles étaient fixés sur les côtés les plus courts. Les équipements scientifiques étaient fixés sur le sommet et à l'intérieur de cette base, afin de surplomber le terrain une fois au sol. L'atterrisseur pèse 1193 kg au décollage depuis la Terre, masse qui s'abaisse à 1066 kg avec le largage du bouclier biologique puis à 598 kg arrivé sur le sol martien dont 91 kg de charge scientifique.

### – Générateurs thermoélectriques à radioisotope (RTG) :

Un RTG est un générateur électrique dont la fonction est d'une part de générer de la chaleur en exploitant des réactions de désintégrations nucléaires, et d'autre part de convertir cette chaleur en énergie grâce à l'effet Seebeck. Ces générateurs sont intéressants pour leur capacité à fournir un flux très stable, quasi-constant et durable d'énergie.

### – Moteurs :

Les atterrisseurs étaient équipés de moteurs à hydrazine. Une douzaine de tuyères permettant de créer une trentaine de newtons de poussée servaient pour la désorbitation et l'orientation de l'appareil. 3 moteurs pour 18 tuyères étaient utilisés pour contrôler la descente et l'atterrissage, pour une poussée de 200-2000 N. Le grand nombre de tuyères, inclinées par rapport à la surface, est expliqué par la nécessité de minimiser les effets de l'atterrissage sur le sol martien. En effet, l'objectif était de ne pas échauffer le sol de plus d'un degré ni de générer une couche de poussière de plus d'un mm d'épaisseur.

### – Caméras :

Les caméras étaient capables de produire des images panoramiques de 300°, comportant 9150 lignes verticales, chacune composée de 512 pixels, et avec une vitesse de 5 lignes par seconde.

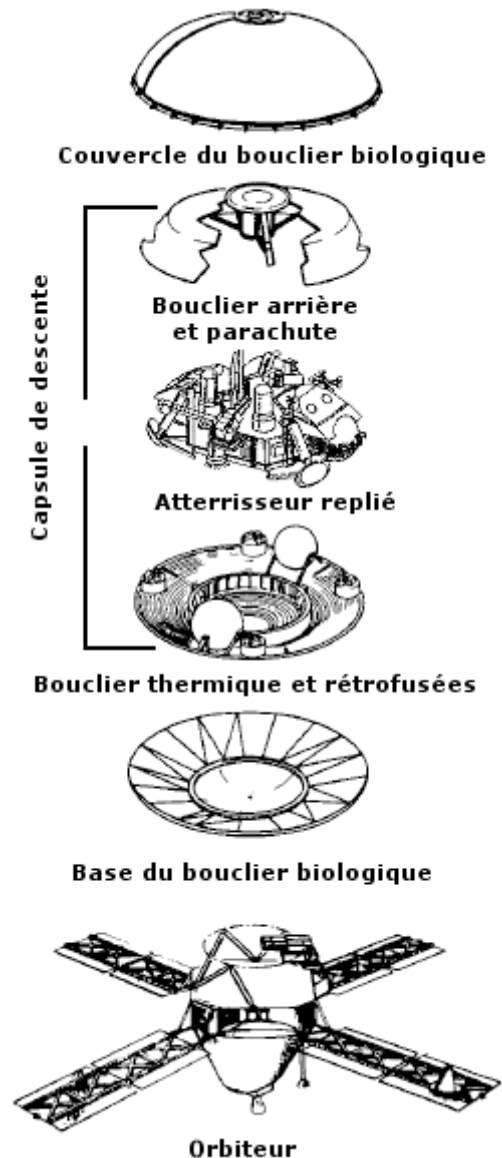
## Orbiteur

### – Structure :

La structure des orbiteurs était octogonale sur un diamètre de 2,5 mètres, d'une masse totale initiale de 2300kg, et une masse finale de 900kg. La hauteur était de 3,29 mètres, et le tout était divisé en 16 compartiments pour l'accueil du matériel électronique. Antennes solaires déployées, l'orbiteur atteignait une envergure de 9,75 mètres.

### – Alimentation électrique :

L'énergie était récoltée via 15m<sup>2</sup> de cellules solaires totalisant 620W de puissance lorsque l'orbiteur était autour de Mars. La réserve d'énergie était constituée de deux batteries Ni-Cd, la même technologie que pour les atterrisseurs (2x30 Ah).



– Propulsion :

Le moteur était orientable en tangage et en lacet, et une douzaine de propulseurs à azote sous pression servaient pour le contrôle d'attitude. De plus, le système permettait le transfert d'hélium servant initialement à pressuriser les réservoirs aux circuits d'azote, au cas où ce dernier venait à manquer, le tout étant de propulser un gaz dans l'espace pour obtenir une poussée.

– Caméras :

Les caméras pouvaient capturer des images de 1056 par 1182 pixels, pour une résolution maximale de 7,5 mètres par pixel (150 fois supérieure à Mariner 4) et minimale de 300 mètres par pixel, suivant la position sur l'orbite. Elles pouvaient prendre une image toutes les 4,5 secondes.

## **Charge scientifique**

– Anémomètre :

Cet appareil ne mesurait pas directement la vitesse du vent. Il s'agissait en fait d'un cylindre métallique maintenu à une température donnée. Plus le vent était fort, plus le cylindre refroidissait. La consommation électrique nécessaire pour maintenir la température constante indiquait la vitesse du vent.

– Pyrolytic Release :

Cette expérience devait détecter une assimilation de gaz carbonique. Le principe était de placer un échantillon de sol dans une chambre remplie de vapeur d'eau et de CO<sub>2</sub> radioactif. Le tout est éclairé par une lampe simulant le rayonnement solaire sur Mars pendant 120 heures puis l'atmosphère est évacuée et une combustion est effectuée à 635°C par pyrolyse. Les composés sont alors fragmentés et récupérés grâce à un flux d'hélium vers une colonne de chromatographie qui va retenir les molécules organiques. La colonne est ensuite chauffée pour libérer des fragments organiques qui vont être décomposés par un oxyde de cuivre. Cela libère du CO<sub>2</sub> radioactif analysé par un compteur Geiger. Le nombre de coups donnés par le compteur Geiger rend compte de la présence ou non d'une activité biologique.

L'expérience peut être aussi faite dans le noir. Si des composés organiques sont détectés uniquement avec la lampe allumée, on peut alors suspecter la présence d'une vie similaire à celle présente sur Terre.

– Gas Exchange :

Une expérience qui visait à détecter des gaz que seul des microorganismes étaient capables de produire. Pour ce faire, des échantillons de sol sont placés dans un bouillon de culture contenant des sucres, des acides aminés ainsi que d'autres éléments nutritifs. Un second échantillon est chauffé à 150°C avant d'être placé dans les mêmes conditions que le premier échantillon afin de servir de témoin. Cet instrument pouvait être utilisé de trois manières différentes :

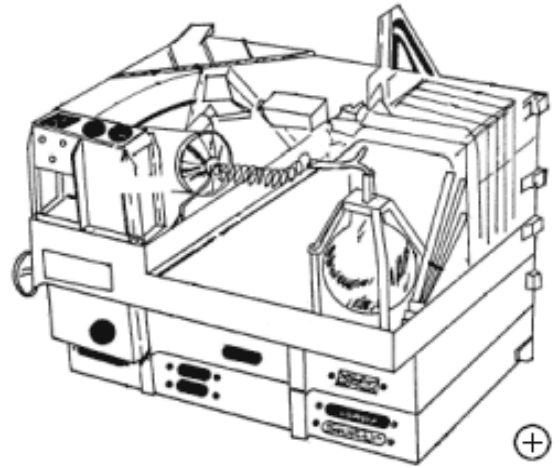
- 1) Mode humide : le sol est juste humidifié sans être en contact direct avec la solution nutritive. L'incubation dure 1 semaine.
- 2) Mode mouillé : le sol est directement plongé dans la solution nutritive. L'incubation dure 200 jours.
- 3) Mode de contrôle (ou témoin) : le sol est analysé immédiatement sans utiliser de bouillon nutritif.

– Labeled Release :

Ce procédé utilise une solution nutritive dont les atomes de carbone sont radioactifs. Les composés plus "simples" que ceux utilisés dans Gas Exchange ont été choisis pour ressembler à ceux présents sur Terre il y a plusieurs milliards d'années. Si des microorganismes sont en contact avec ce bouillon, ils rejettent du CO<sub>2</sub> marqué, qui est ensuite détecté par le compteur Geiger. L'instrument était extrêmement précis mais ne pouvait pas identifier autre chose que le CO<sub>2</sub> émis.

– GC-MS :

Cet appareil contient 3 fours à usage unique. Un échantillon de sol est chauffé dans un des fours à une température pouvant atteindre 50, 200, 350 ou 500°C et dans une atmosphère de CO<sub>2</sub> marqué au carbone 13. Les éventuels composés organiques sont alors brisés et amenés dans une colonne de chromatographie. Puis ces molécules sont dirigées dans une chambre d'ionisation et dans un spectromètre de masse. Ces différents instruments doivent permettre de sélectionner les éléments les plus intéressants et indiquer leur masse et leur nombre. Reste encore à interpréter les résultats afin de retrouver les molécules organiques originales sur Mars.



*Schéma technique de l'instrument GC-MS*

## **Bibliographie**

[https://www.nirgal.net/explora\\_1976.html](https://www.nirgal.net/explora_1976.html)

[http://www.nasa.wikibis.com/programme\\_viking.php](http://www.nasa.wikibis.com/programme_viking.php)

[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/viking](https://www.nasa.gov/mission_pages/viking)

<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/viking.html>

<http://history.nasa.gov/SP-4212/ch8.html#table46>

<http://www.science-et-vie.com/article/de-viking-a-curiosity-heurs-et-malheurs-de-la-recherche-de-la-vie-sur-mars-4697>